



21 Aktenzeichen: P 37 41 247.7-21
22 Anmeldetag: 5. 12. 87
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 5. 89

DE 3741247 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Müller, Armin, Dipl.-Ing., 7150 Backnang, DE; Cordt,
Hartmut, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 05 983 A1
DE 35 45 652 A1

54 Verfahren zur Anpassung von Schlupfswellwerten für ein Antriebsschlupf- und/oder
Bremschlupf-Regelsystem an die Bereifung eines Kraftfahrzeuges

Verfahren und Vorrichtung zur Anpassung von Schlupfswellwerten für ein Antriebsschlupf- und/oder Bremschlupf-Regelsystem an die vorhandene Bereifung eines Kraftfahrzeuges, wobei aus den gemessenen Werten der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Fahrzeuglängsbeschleunigung der momentan herrschende Reibbeiwert zwischen Fahrzeug und Fahrbahn aus einem Kennfeld ermittelt wird und bei einem durch ein Meßfenster definierten Betriebszustand der vorgegebene Wert bzw. die vorgegebene Funktion für die Schlupfwellen durch die an den angetriebenen Rädern gemessenen Schlupfwerte ersetzt bzw. korrigiert wird.

DE 3741247 C1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Anpassung von Schlupfswellwerten für ein Antriebsschlupf- und/oder Bremsschlupf-Regelsystem an die Bereifung eines Kraftfahrzeuges. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Eine Einrichtung zum Ermitteln von Schlupfswellwerten für ein Antriebsschlupf-Regelsystem ist aus der DE-OS 35 45 652 bekannt. Bei dieser Einrichtung wird eine mittlere Schlupfswelle durch einen niedrigeren Wert ersetzt, wenn das Fahrzeug schneller als mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit in einer Kurve fährt, die Fahrzeuglängsbeschleunigung innerhalb eines bestimmten Bereiches liegt und eine Antriebsschlupfregelung stattfindet. Hingegen wird die mittlere Schlupfswelle durch einen höheren Wert ersetzt, wenn das Fahrzeug ebenfalls in einer Kurve fährt und die Fahrzeuglängsbeschleunigung oberhalb des vorgenannten Bereiches liegt. Bei Kurvenfahrt ist somit in gewissem Sinne eine Anpassung der Schlupfswelle an die bei Kurvenfahrt benötigte Stabilität erkennbar, der Reibbeiwert, d. h. die Griffbarkeit des Fahrzeuges bezüglich der Beschaffenheit der gerade befahrenen Straße bleibt hierbei unberücksichtigt, so daß beispielsweise bei trockener, griffiger Fahrbahn auf einen niedrigeren Schlupfswellwert umgeschaltet wird, obwohl dies gerade nicht erforderlich wäre.

Bislang ist eine Veränderung von Schlupfswellwerten lediglich bei Antriebsschlupf-Regelsystemen zur Anpassung an bestimmte Fahrzustände bzw. zur Verbesserung von Traktion bzw. Stabilität bekannt. Auf unterschiedliche Ausrüstung der Fahrzeuge hinsichtlich der Bereifung wird bislang keine Rücksicht genommen, obwohl Fahrzeuge mit Antriebsschlupf- wie auch Bremsschlupf-Regelsystemen auf ein und derselben Fahrbahn recht unterschiedlich reagieren, je nachdem, ob sie mit Sommer- oder Winterreifen bzw. mit neuen oder abgefahrenen Reifen ausgerüstet sind.

Bei bekannten Regelsystemen werden überwiegend konstante Schlupfswellen verwendet, die auf den ungünstigsten Fall — Glatteis — abgestimmt sein mußten. Diese Schlupfswellen sind jedoch für höheren Reibwert zu niedrig, so daß dann nur geringe Beschleunigungen möglich sind und die Antriebsschlupfregelung unnötig oft zugeschaltet wird. Unterschiedliche Bereifungen und die dadurch veränderten Fahrzeugreaktionen werden nicht berücksichtigt.

Des weiteren ist eine Einrichtung zum Überwachen des Ausnutzungsgrades des vorherrschenden Fahrbahnreibwertes beim Bremsen und/oder Beschleunigen eines Kraftfahrzeuges bekannt (DE-OS 37 05 983), bei welcher aus der Rad- und Fahrzeuggeschwindigkeit der momentane Schlupf berechnet und als Funktion der gemessenen Fahrzeugbeschleunigung dargestellt wird. Aus abgespeicherten Schlupfkennlinien für typische Fahrbahnzustände wird dann die der momentanen Schlupffunktion am nächsten kommende Kennlinie ermittelt und sodann das Verhältnis zwischen dem erfaßten höchsten Beschleunigungswert und dem höchsten Beschleunigungswert der ermittelten Schlupfkennlinie gebildet und angezeigt, wobei diese Anzeige den Fahrer darüber informiert, wie weit er den vorherrschenden Fahrbahn-Reibwert ausnutzt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Anpassung von Schlupfswellwerten für ein Antriebsschlupf- und/oder Bremsschlupf-Regelsystem anzuge-

ben, welches in der Lage ist, der vorhandenen Bereifung eines Kraftfahrzeuges besser zugeordnete Schlupfswellen vorzugeben und damit optimale Regelbedingungen sowohl bei Antriebsschlupf- als auch bei Bremsschlupf-Regelsystemen zu schaffen. Aufgabe der Erfindung ist auch, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens anzugeben.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Mit diesem Verfahren ist es möglich, während der Fahrt die Schlupfswellen automatisch an die jeweilige Bereifung anzupassen und damit optimale Regelbedingungen zu schaffen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 ergibt sich aus den Merkmalen des Patentanspruchs 4.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens und eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu entnehmen.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Fahrleistungsdiagramm,

Fig. 2 ein Diagramm der erzielbaren Fahrzeuglängsbeschleunigung abhängig vom Reibbeiwert,

Fig. 3 ein aus den beiden Diagrammen nach Fig. 1 und Fig. 2 erstelltes Fahrleistungs-Reibwert-Diagramm,

Fig. 4 ein Diagramm mit unterschiedlichen Reibbeiwert-Schlupf-Kurven und

Fig. 5 ein schematisches Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt ein an sich bekanntes Fahrleistungsdiagramm für einen bestimmten Typ eines Kraftfahrzeuges, welches durch Versuche empirisch ermittelt oder mit Hilfe eines physikalischen Modells eines kippstabilen starren Zweirades aus bekannten Fahrzeuggrößen mit bestimmten Vereinfachungen errechnet werden kann. Aus diesem Fahrleistungsdiagramm ist zu entnehmen, welche Fahrzeuglängsbeschleunigung — auf der Ordinate aufgetragen — in den einzelnen Gängen bei einer bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeit — auf der Abszisse aufgetragen — bei Vollast der Antriebsmaschine erzielbar ist.

Mittels des gleichen physikalischen Modells eines kippstabilen starren Zweirades ist für den bestimmten Kraftfahrzeugtyp auch die in Abhängigkeit vom Reibbeiwert zwischen Fahrzeug und Fahrbahn erzielbare Fahrzeuglängsbeschleunigung aus dem Fahrzeugstillstand berechenbar. Das Ergebnis dieser Rechnung ist die in Fig. 2 dargestellte Kurve 1. Da sie nur für die Fahrzeuggeschwindigkeit $v_F = 0$ km/h gültig ist, geht sie durch den Ursprung des Koordinatensystems. Fahrwiderstände treten dabei nicht auf. Werden die Fahrwiderstände (Roll-, Luftwiderstand u.s.w.) in der Berechnung berücksichtigt, so ergeben sich die in Fig. 2 eingezeichneten Linien 2, die hier nur für einige diskrete Geschwindigkeiten bis zur maximalen Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Fmax} dargestellt sind. Der Anstieg der Geschwindigkeit ist durch einen Pfeil verdeutlicht. Diese Kurvenschar wird von einer gestrichelten Kurve 3 begrenzt, welche aus dem Fahrleistungsdiagramm in Fig. 1 gewonnen wird und die maximale Fahrzeuglängsbeschleunigung angibt, die bei der jeweiligen Fahrzeuggeschwindigkeit erreichbar ist. Daraus ist ersichtlich, daß die maximale Beschleunigung nur aus dem Fahrzeugstillstand bei optimalem Reibbeiwert erzielbar ist (Punkt 4) und daß bei Fahrzeughöchstgeschwindigkeit

$v_{F \max}$ keine Beschleunigung mehr möglich ist (Punkt 5). Aus diesem Diagramm ist aber auch der Mindestreibwert ablesbar, der erforderlich ist, um eine bestimmte Fahrzeuggeschwindigkeit zu erreichen. Dieser Wert ist auf der Abszisse abzulesen, wo die der gewünschten Fahrzeuggeschwindigkeit zugeordnete Kurve 2 sich schneidet bzw. berührt. Die beiden Diagramme nach Fig. 1 und Fig. 2 können nun miteinander zu einem Fahrleistungs-/Reibbeiwert-Diagramm verbunden werden, wie in Fig. 3 dargestellt.

Aus Fig. 2 sind jeweils 2 verschiedene Punkte mit gleichem Reibbeiwert zu entnehmen, nämlich z. B. für eine bestimmte konstante Fahrzeuggeschwindigkeit und für den Fahrzeugstillstand. Zum Beispiel:

Im Punkt 5, bei Fahrzeughöchstgeschwindigkeit, beträgt der Mindestreibbeiwert etwa $\mu = 0,3$. Bei diesem Reibbeiwert ist aus dem Fahrzeugstillstand eine maximale Fahrzeuglängsbeschleunigung von etwa $a_x = 1,4 \text{ m/s}^2$ erzielbar (Linien 6, 7 und Punkt 8). Werden diese beiden Punkte in das Fahrleistungsdiagramm (in Fig. 1) übertragen und miteinander verbunden, Fig. 3, Punkte 5 und 8 und gestrichelte Linie 9, so ergibt diese Linie 9 etwa eine Kurve konstanten Reibbeiwerts bzw. konstanter Griffigkeit und das Diagramm wird zum Fahrleistungs-/Reibbeiwert-Diagramm. Die Kurven konstanter Griffigkeit sind nur in Vereinfachung Gerade, im praktischen Fall gekrümmte Linien 10. Diese können für das gesamte Kennfeld ermittelt werden und sind in Fig. 3 dargestellt. Somit ist jedem Punkt dieses Kennfeldes, dessen Koordinaten sich aus einem bestimmten Wert der Fahrzeuggeschwindigkeit v_F und einem bestimmten Wert der Fahrzeuglängsbeschleunigung a_x zusammensetzen, ein eindeutiger Reibbeiwert μ zugeordnet.

Fig. 4 zeigt ein an sich bekanntes Diagramm mit zwei Reibbeiwert-/Schlupfkurven, wobei Kurve 11 mit einem Sommerreifen und Kurve 12 mit einem Winterreifen auf ein und derselben Fahrbahn erreicht wird. Für einen bestimmten Reibbeiwert μ_0 ergeben sich also unterschiedliche Schlupfwerte λ_0 und λ_1 . Liegt beispielsweise die Schlupfschwelle für ein Antriebsschlupf-Regelsystem bei λ_0 und ist diese optimal auf den der Kurve 11 zugeordneten Sommerreifen abgestimmt, so ist leicht zu sehen, daß bei einem Reifenwechsel auf einen der Kurve 12 entsprechenden Winterreifen das Regelsystem nun mit der Schlupfschwelle λ_0 bei einem wesentlich niedrigeren Reibbeiwert als μ_0 zu regeln beginnt und damit nicht mehr optimal arbeitet, da dieser Reifen beim gleichen Reibbeiwert μ_0 einen wesentlich größeren Schlupf aufweist.

Aus diesem Grund wird nun im Fahrleistungs-Reibwert-Diagramm nach Fig. 3 ein schmales Meßfenster 21 definiert, welches nach den angegebenen Maßstäben des Diagramms durch $\mu \approx 0,4$ und einen Fahrgeschwindigkeitsbereich $v_F < 100 \text{ km/h}$ festgelegt ist.

Wenn sich nun das Kraftfahrzeug in einem in diesem Meßfenster 21 enthaltenen Betriebspunkt befindet, beispielsweise $v_F = 50 \text{ km/h}$ und $a_x = 1,8 \text{ m/s}^2$, was einem momentan genutzten Reibbeiwert von $\mu \approx 0,4$ entspricht, kann man, wenn sich das Kraftfahrzeug in einem später definierten Fahrzustand befindet, den in diesem Betriebspunkt vorhandenen Schlupf an den angetriebenen Rädern messen. Ist beispielsweise der vorgegebene Schlupfschwellwert gleich λ_0 und wird mit den momentan gefahrenen Reifen in diesem Betriebspunkt an den angetriebenen Rädern ein Schlupfwert λ_1 gemessen, so wird der gemessene Schlupfwert λ_1 übernommen, sodaß im Reibwert-Schlupf-Diagramm nunmehr ein neuer Schwellwert λ_1 festliegt, der dem Reibbeiwert μ_0 zuge-

ordnet ist.

Dieser Schlupfschwellenabgleich soll nur in einem "normalen" Fahrzustand vorgenommen werden, bei dem keine fahrdynamischen Parameterveränderungen erfolgen, d. h., bei Geradeausfahrt (Lenkwinkel $\beta = 0$), wobei die angetriebenen Räder keine Drehzahldifferenz Δv_H durch unterschiedliche Reibbeiwerte aufweisen (homogene Fahrbahn), wobei die Beschleunigung der angetriebenen Räder der Fahrzeugbeschleunigung a_x entspricht (kein Antriebsmomentenüberschuß) und wobei kein Antriebsschlupf- oder Bremsschlupf-Regelvorgang stattfindet.

Mit dem so ermittelten neuen Schlupfwert λ_1 , der dem Reibbeiwert μ_0 zugeordnet ist, kann nun auf einfache Weise für ein Antiblockiersystem, bei dem beispielsweise ein Reibbeiwert von $\mu_R = 0,15$ zugeordneter Schlupfschwellwert λ_S verwendet wird, dieser aus einer vorgegebenen Funktion $\lambda = f(\mu)$ ermittelt werden. Ist diese Funktion beispielsweise linear, so ist

$$\lambda_S = \lambda_1 \cdot \mu_R / \mu_0.$$

Dieser Wert ist etwa konstant, solange die Reifeneigenschaften dieselben bleiben. Nützen sich die Reifen ab oder werden durch andere ersetzt, ändert sich auch die Schlupfschwelle λ_S .

Bei einem Antriebsschlupf-Regelsystem gelten in der Regel andere Schlupfschwellen, die nach dem genannten Verfahren auch periodisch mit Abständen im Millisekundenbereich der momentan befahrenen Fahrbahn angepaßt werden können, indem aus dem Kennfeld (10) entsprechend den Eingangsgrößen Fahrzeuggeschwindigkeit v_F und Fahrzeuglängsbeschleunigung a_x ein momentaner Reibbeiwert μ_K ermittelt wird und ein diesem zugeordneter Schlupfschwellwert λ'_S bei beispielsweise ebenfalls linearer vorgegebener Funktion $\lambda = f(\mu)$ aus:

$$\lambda'_S = \lambda_1 \cdot \mu_K / \mu_0$$

berechnet wird.

Mit diesen Schlupfschwellwerten λ_S bzw. λ'_S arbeiten Bremsschlupf- bzw. Antriebsschlupf-Regelsystem entsprechend ihren Programmen in an sich bekannter Weise.

Ein schematisches Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Fig. 5 dargestellt. Mit 13 sind Drehzahlsensoren der vier Fahrzeugräder bezeichnet, welche den Raddrehzahlen bzw. Radumfangsgeschwindigkeiten v_{VL} , v_{VR} , v_{HL} , v_{HR} der linken und rechten Vorder- und Hinterräder zugeordnete Signale an eine Elektronikschaltung 14 liefern, welche daraus Fahrzeuggeschwindigkeit v_F , Fahrzeuglängsbeschleunigung a_x sowie Drehzahldifferenz Δv_H , Beschleunigung a_R und die Schlupfwerte λ_R , λ_L der angetriebenen Räder errechnet.

Mit 15 ist ein gespeichertes Kennfeld bezeichnet, welchem die Fahrzeuggeschwindigkeit v_F und die Fahrzeuglängsbeschleunigung a_x als Eingangsgrößen zugeführt werden und welches einen diesen Eingangsgrößen zugeordneten Reibbeiwert μ_K ausgibt.

Wenn die Bedingungen

- Lenkwinkel $\beta = 0$,
- keine Drehzahldifferenz Δv_H der angetriebenen Räder,
- Beschleunigung a_R entspricht der Fahrzeugbeschleunigung a_x und
- kein ABS- bzw. ASR-Regelvorgang

zutreffen und ein durch ein im Kennfeld (10) definiertes Meßfenster festgelegter Betriebszustand erreicht ist, wird der momentan an den angetriebenen Rädern gemessene Schlupf λ_1 erfaßt und ersetzt den fest vorgegebenen Schlupfwert λ_0 , der zusammen mit den oben definierten Größen μ_0 und μ_R gespeichert ist.

In einer Rechenschaltung 20 wird entsprechend den oben angegebenen Formeln ein SchlupfSchwellwert λ_S für die Bremsschlupfregelung 16 und/oder ein fester oder variabler SchlupfSchwellwert λ'_S für die Antriebsschlupfregelung 16' ermittelt und den Regelsystemen 16 bzw. 16' zusammen mit den übrigen benötigten Größen (Schlupf der angetriebenen Räder, Beschleunigungen u.s.w., wie an sich bekannt), die über Leitungen 19 den Regelsystemen zugeleitet werden, zugeführt, die entsprechend ihren Programmen auf den Antrieb, angegeben durch eine Drosselklappe 17 bzw. auf die Bremsen 18 der angetriebenen und nicht angetriebenen Räder in bekannter Weise einwirken.

Patentsprüche

1. Verfahren zur Anpassung von SchlupfSchwellwerten für ein Antriebsschlupf- und/oder Bremsschlupf-Regelsystem an die vorhandene Bereifung eines Kraftfahrzeuges, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine für den jeweiligen Fahrzeugtyp bestimmte, aus den Drehzahlen der nicht angetriebenen Räder ermittelte Kurve (1) der erreichbaren Fahrzeugbeschleunigung (a_x) aus dem Fahrzeugstillstand ($v_F = 0$) als Funktion des Reibbeiwertes (μ) bestimmt wird, daß diese Kurve (1) unter Berücksichtigung der von der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_F) abhängigen Fahrwiderstände zu einem Kennfeld (10) des Reibbeiwertes (μ), abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_F) und der Fahrzeugbeschleunigung (a_x) erweitert wird, daß in diesem Kennfeld (10) ein einem bestimmten Reibbeiwert (μ_0) zugeordnetes Meßfenster (21) festgelegt wird, und daß ein dem bestimmten Reibbeiwert (μ_0) zuzuordnender Basis-SchlupfSchwellwert (λ_0) dann durch den an den angetriebenen Rädern auftretenden Schlupfwert (λ_1) ersetzt wird, wenn das Kraftfahrzeug einen durch das Meßfenster (21) definierten Fahrzustand erreicht und gleichzeitig
 - a) das Fahrzeug geradeaus fährt ($\beta = 0$),
 - b) die angetriebenen Räder keine Drehzahldifferenz (Δv_F) aufweisen,
 - c) die Beschleunigung (a_R) der angetriebenen Räder der Fahrzeugbeschleunigung (a_x) entspricht und
 - d) keine Antriebsschlupf- oder Bremsschlupf-Regelung stattfindet,
 wobei der jeweils zur Anwendung kommende SchlupfSchwellwert (λ_S) dem korrigierten, dem bestimmten Reibbeiwert (μ_0) zugeordneten Schlupfwert (λ_1) entspricht oder zugeordnet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der SchlupfSchwellwert (λ_S) nach dem Verhältnis $\lambda_S = \lambda_1 \cdot \mu_R / \mu_0$ bestimmt wird, wobei der Reibbeiwert μ_R derjenige Reibbeiwert ist, für welchen das Regelsystem ausgelegt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der SchlupfSchwellwert (λ'_S) laufend nach dem Verhältnis $\lambda'_S = \lambda_1 \cdot \mu_K / \mu_0$ bestimmt wird, wobei μ_K laufend aus dem Kennfeld (10) ermittelt

wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 für ein Antriebsschlupf- und/oder Bremsschlupf-Regelsystem eines Kraftfahrzeuges, mit die Umfangsgeschwindigkeiten der Fahrzeugräder ermittelnden Sensoren, mit einer aus den Signalen dieser Sensoren die benötigten Betriebsparameter ermittelnden Einrichtung und mit einem auf einen vorgebbaren Schwellwert ansprechenden Schlupfkomparator für jedes nichtangetriebene und/oder angetriebene Fahrzeugrad, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (15) vorgesehen ist, welcher periodisch die Größen Fahrzeuggeschwindigkeit (v_F) und Fahrzeuglängsbeschleunigung (a_x) eingegeben werden und welche einen diesen Größen zugeordneten, in einem Kennfeld (10) gespeicherten Reibbeiwert (μ_K) ausgibt und welche einen vorgegebenen Schlupfwert (λ_0) durch den an den angetriebenen Rädern gemessenen Schlupfwert (λ_1) ersetzt, wenn das Kraftfahrzeug sich in einem durch ein diesem Reibbeiwert zugeordnetes Meßfenster (21) innerhalb des Kennfeldes (10) definierten Betriebszustand befindet und gleichzeitig die Bedingungen

- a) Geradeausfahrt des Kraftfahrzeuges,
- b) keine Drehzahldifferenz der angetriebenen Räder,
- c) Beschleunigung der angetriebenen Räder gleich der Fahrzeugbeschleunigung und
- d) kein Antriebsschlupf- oder Bremsschlupf-Regelvorgang

erfüllt sind,

daß innerhalb der Einrichtung (15) eine Rechenschaltung (20) vorgesehen ist, welche den vorgegebenen Schlupfwert (λ_0) mittels vorgegebener Reibbeiwerte und einer vorgegebenen Funktion ($\lambda = f(\mu)$) auf entsprechende SchlupfSchwellwerte (λ_S ; λ'_S) umrechnet und diese einem Bremsschlupf-Regelsystem (16) und/oder einem Antriebsschlupf-Regelsystem (16') als SchlupfSchwellwerte vorgibt, von welchem sie zu Steuersignalen für den Antrieb (17) und/oder die Bremsen (18) weiterverarbeitet werden.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

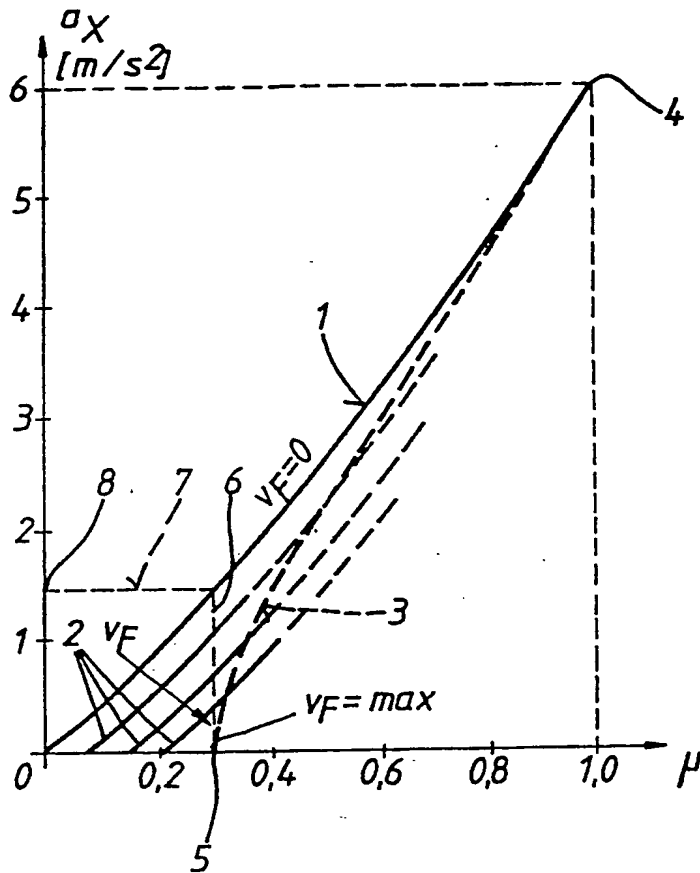


Fig. 2

Fig. 5

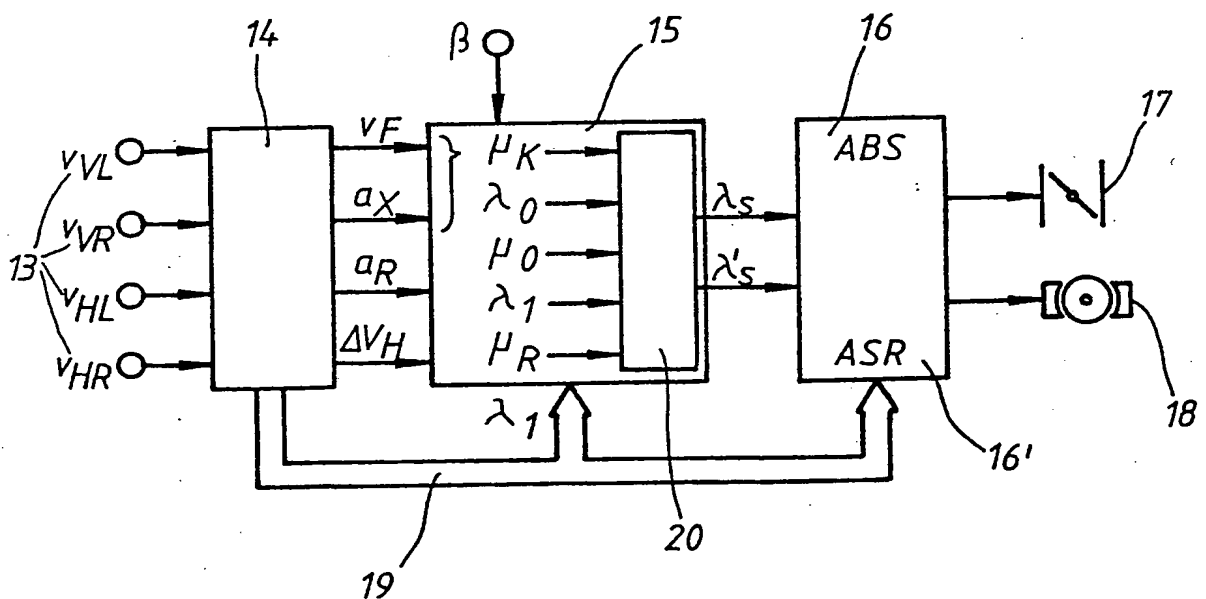


Fig. 4

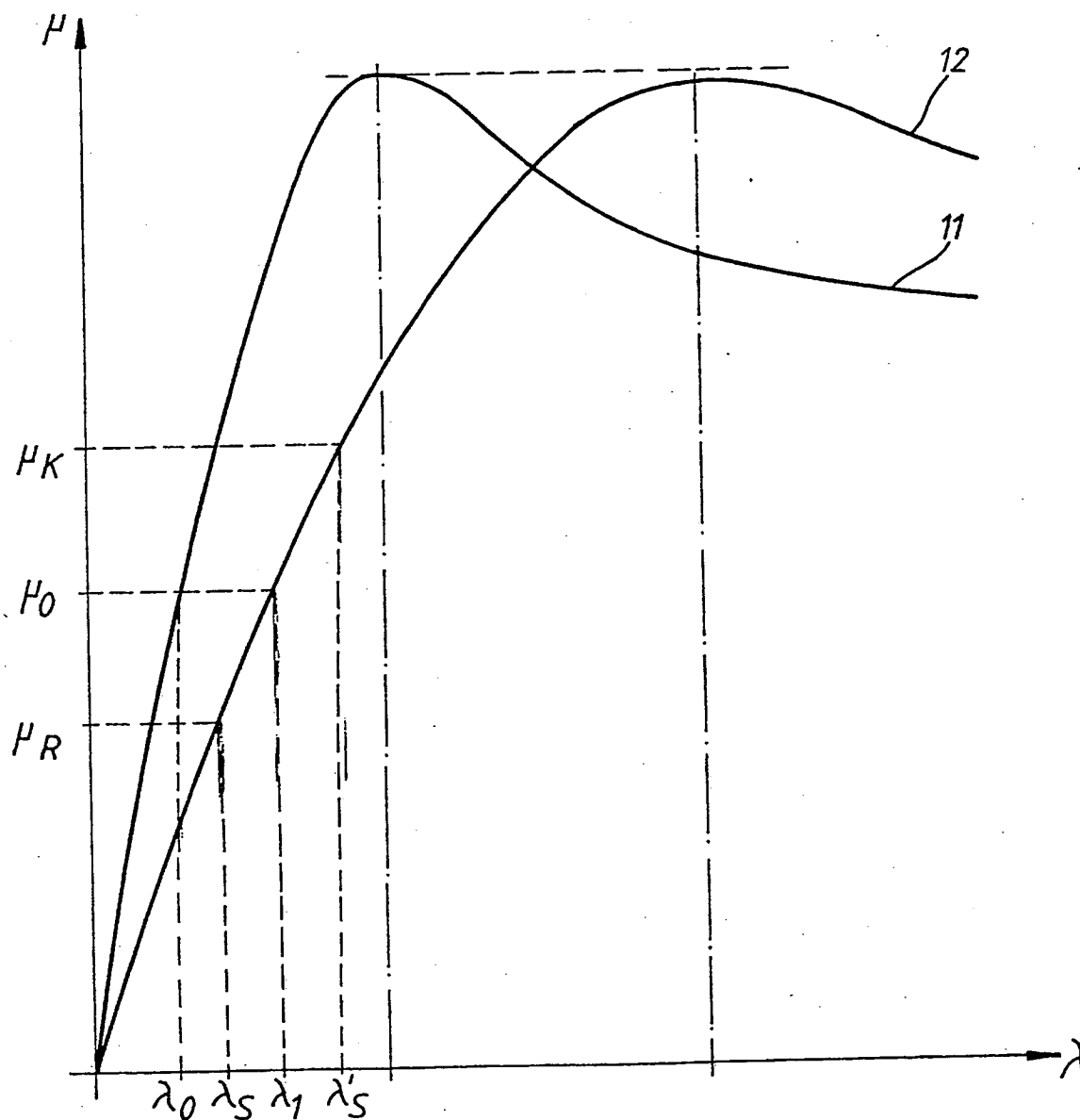


Fig.1

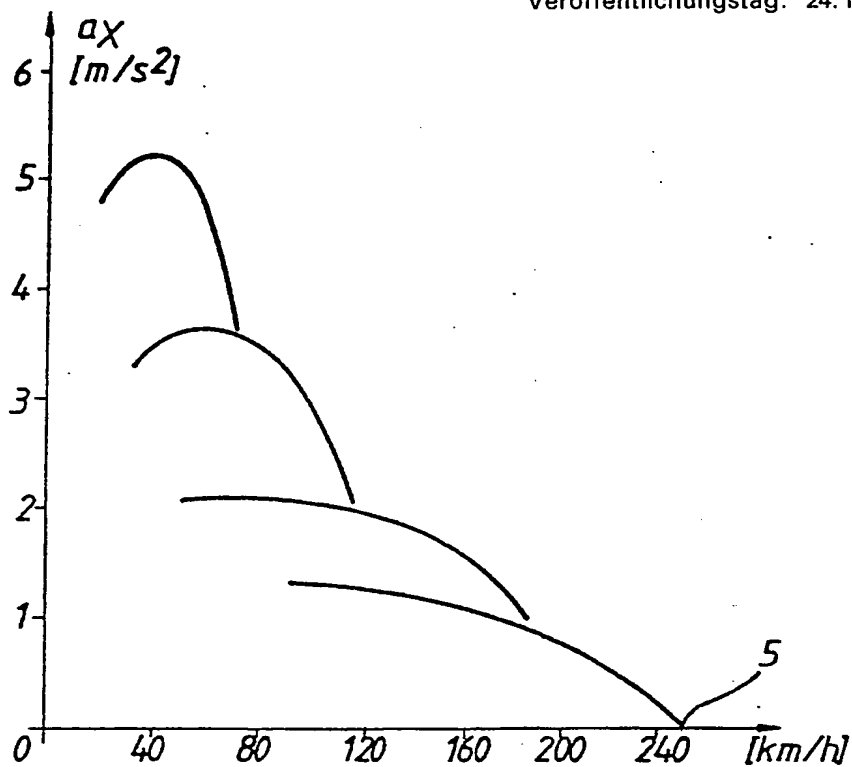
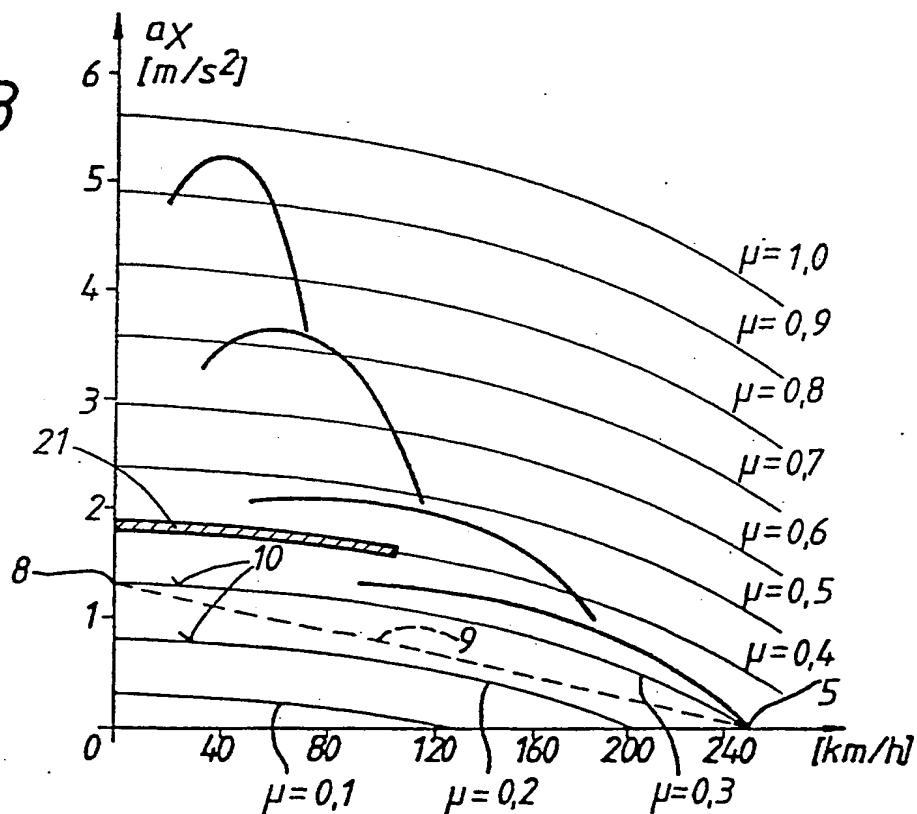


Fig.3



This Page Blank (uspto)